

日 本 国 特 許 庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2000年 4月17日

出 願 番 号
Application Number: 特願2000-114614

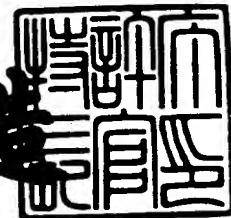
出 願 人
Applicant (s): 富士写真フイルム株式会社



2001年 3月 9日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及 川 耕 造



【書類名】 特許願

【整理番号】 P25152J

【あて先】 特許庁長官 近藤 隆彦 殿

【国際特許分類】 H01S 5/00

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県足柄上郡開成町宮台 7 9 8 番地 富士写真フイルム株式会社内

【氏名】 国安 利明

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県足柄上郡開成町宮台 7 9 8 番地 富士写真フイルム株式会社内

【氏名】 福永 敏明

【特許出願人】

【識別番号】 000005201

【氏名又は名称】 富士写真フイルム株式会社

【代理人】

【識別番号】 100073184

【弁理士】

【氏名又は名称】 柳田 征史

【選任した代理人】

【識別番号】 100090468

【弁理士】

【氏名又は名称】 佐久間 剛

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008969

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

特 2 0 0 0 - 1 1 4 6 1 4

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9814441

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体レーザ素子

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板上に複数の半導体層が形成されてなる半導体レーザ素子において、

前記基板に、前記半導体層が形成された面と反対側の面から該基板内に入り込む凹部が形成され、

この凹部に、前記基板よりも熱伝導率の高い金属が埋め込まれていることを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項 2】 基板上に複数の半導体層が形成されてなる半導体レーザ素子において、

前記半導体層の少なくとも一部に、前記基板と反対側の面から該半導体層内に入り込む凹部が形成され、

この凹部に、該凹部が形成された半導体層よりも熱伝導率の高い金属が埋め込まれていることを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項 3】 前記基板に、前記半導体層が形成された面と反対側の面から該基板内に入り込む凹部が形成され、

この凹部に、前記基板よりも熱伝導率の高い金属が埋め込まれていることを特徴とする請求項 2 記載の半導体レーザ素子。

【請求項 4】 前記凹部が、発光端面に対し垂直な方向に逆メサ形状のものであることを特徴とする請求項 1 から 3 いずれか 1 項記載の半導体レーザ素子。

【請求項 5】 前記凹部に埋め込まれた金属にヒートシンクが接合されていることを特徴とする請求項 1 から 4 いずれか 1 項記載の半導体レーザ素子。

【請求項 6】 前記半導体層に複数の発光部が形成されて、半導体レーザアレイを構成していることを特徴とする請求項 1 から 5 いずれか 1 項記載の半導体レーザ素子。

【請求項 7】 請求項 1 から 6 いずれか 1 項記載の半導体レーザ素子であって、固体レーザの励起用光源として用いられていることを特徴とする半導体レーザ素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は半導体レーザ素子に関し、さらに詳しくは、放熱特性を改善した半導体レーザ素子に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

近時、半導体レーザの用途は著しく拡大しており、それらの用途の多くにおいて、半導体レーザのさらなる高出力化が求められている。そこで、半導体レーザの高出力化を実現するために、半導体レーザ素子そのものの構造を改良する提案が既に種々なされている。例えば文献1): J.K. Wade et al. "6.1 W continuous wave front-facet power from Al-free active-region ($\lambda=805$ nm) diode lasers" Applied Physics Letters, Vol. 72, No. 1 (1998) pp.4-6 には、Alを含まないInGaAsPから活性層を形成し、InGaPを光導波層とし、クラッド層をInAlGaPとした構造を有し805 nm帯で発振する半導体レーザが報告されている。

【0003】

この文献1)では、高出力特性を改善するために、活性層の光密度を低減する構造として、光導波層の厚みを広くしたLOC (Large Optical Cavity) 構造が提案され、それによる最高光出力の増大が報告されている。

【0004】

また、Alを含まない活性層を有して0.8 μ m帯で発振する半導体レーザとして、文献2): T. Fukunaga et al. "Highly Reliable Operation of High-Power InGaAsP/InGaP/AlGaAs 0.8 μ m Separate Confinement Heterostructure Lasers" Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 34, (1995) pp.L1175-1177 に示されるように、n-GaAs基板に、n-AlGaAsクラッド層、i-InGaP光導波層、InGaAsP量子井戸活性層、i-InGaP光導波層、p-AlGaAsクラッド層およびp-GaAsキャップ層を形成してなる半導体レーザも公知となっている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかし文献1)に示された構造においては、素子端面での光吸収に起因して流れる電流により端面が温度上昇し、さらに端面でのバンドギャップが小さくなって光吸収がより多くなるという循環により、端面が破壊されるCOMD (Catastrophic optical mirror damage) という現象が認められる。そのため最高光出力は、このCOMDに達しない範囲に抑えられることになる。このCOMDに達する光出力は経時により変化するので、半導体レーザが突然の駆動停止に至ることもある。このような事情があるため、上記文献1)で提案されている半導体レーザは、高出力駆動時には高信頼性を得ることが難しくなっている。

【0006】

また文献2)に示された半導体レーザにおいても、最高光出力は1.8Wとかなり低くなっている。

【0007】

本発明は上記の事情に鑑みて、高出力発振下においても高い信頼性が得られる半導体レーザ素子を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】

本発明による第1の半導体レーザ素子は、

基板上に複数の半導体層が形成されてなる半導体レーザ素子において、

前記基板に、前記半導体層が形成された面と反対側の面から該基板内に入り込む凹部が形成され、

この凹部に、前記基板よりも熱伝導率の高い金属が埋め込まれていることを特徴とするものである。

【0009】

また本発明による第2の半導体レーザ素子は、

基板上に複数の半導体層が形成されてなる半導体レーザ素子において、

前記半導体層の少なくとも一部に、前記基板と反対側の面から該半導体層内に入り込む凹部が形成され、

この凹部に、該凹部が形成された半導体層よりも熱伝導率の高い金属が埋め込まれていることを特徴とするものである。

【 0 0 1 0 】

なおこの第 2 の半導体レーザ素子においても、第 1 の半導体レーザ素子と同様に、基板に、半導体層が形成された面と反対側の面から該基板内に入り込む凹部が形成され、この凹部に、基板よりも熱伝導率の高い金属が埋め込まれるのが望ましい。

【 0 0 1 1 】

また本発明の半導体レーザ素子において、基板や半導体層に形成される前述の凹部は、発光端面に対し垂直な方向に逆メサ形状のものであることが望ましい。

【 0 0 1 2 】

また上記凹部に埋め込まれた金属には、ヒートシンクが接合されることが望ましい。

【 0 0 1 3 】

また本発明の半導体レーザ素子は、半導体層に複数の発光部が形成されて、半導体レーザアレイを構成していることが望ましい。

【 0 0 1 4 】

さらに本発明の半導体レーザ素子は、固体レーザの励起用光源として用いられるのが望ましい。

【 0 0 1 5 】

【発明の効果】

本発明の第 1 の半導体レーザ素子においては、基板に形成された凹部に、この基板よりも熱伝導率の高い金属が埋め込まれているので、活性層およびその近辺に生じた熱は、この金属を伝導することにより、基板を伝導する場合よりも効率良く放熱されるようになる。そこで、半導体レーザ素子の（より具体的には活性層近傍の）温度が低く保たれて、高出力発振下においても高い信頼性が確保される。

【 0 0 1 6 】

また本発明の第 2 の半導体レーザ素子においては、半導体層に形成された凹部に、この半導体層よりも熱伝導率の高い金属が埋め込まれているので、活性層およびその近辺に生じた熱は、この金属を伝導することにより、半導体層を伝導す

る場合よりも効率良く放熱されるようになる。そこでこの構成においても、半導体レーザ素子の（より具体的には活性層近傍の）温度が低く保たれ、高出力発振下でも高い信頼性が確保される。

【 0 0 1 7 】

またこの第2の半導体レーザ素子のうち、特に第1の半導体レーザ素子と同様に、基板に形成された凹部に、この基板よりも熱伝導率の高い金属が埋め込まれたものにおいては、基板側からの放熱効果も改善されるので、半導体レーザ素子の温度がより低く保たれ、高出力発振下においてより高い信頼性が確保される。

【 0 0 1 8 】

また本発明の半導体レーザ素子において、特に基板や半導体層に形成される凹部が逆メサ形状とされたものにおいては、素子の発光端面により近い部分まで前述の金属を配することができるので、高温になりやすい発光端面をより効果的に冷却することができる。

【 0 0 1 9 】

また本発明の半導体レーザ素子において、特に上記凹部に埋め込まれた金属にヒートシンクが接合されたものにおいては、この金属に伝導した熱をヒートシンクを介していわば3次元的に効率良く放熱可能となるので、高出力発振下においてより高い信頼性を得ることができる。

【 0 0 2 0 】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態について説明する。図1は、本発明の第1の実施形態による半導体レーザ素子の断面形状を示すものである。また図2は、この半導体レーザ素子25の発光側端面つまり共振器面となる端面の形状を示し、図3は図2のA-A線に沿った断面の形状（作製途中の状態）を示すものである。

【 0 0 2 1 】

まず図2および3を参照して、半導体レーザ素子25の構成をその作製方法とともに説明する。有機金属気相成長法により(100)n-GaAs基板1上に、n-GaAsバッファ層2、 $n\text{-In}_{0.49}\text{Ga}_{0.51}\text{P}$ エッチング阻止層3、n-GaAsコ

ンタクト層 4、 $n\text{-Ga}_{1-z_1}\text{Al}_{z_1}\text{As}$ 下部クラッド層 5 ($0.55 \leq z_1 \leq 0.8$)、 n あるいは $i\text{-In}_{0.49}\text{Ga}_{0.51}\text{P}$ 下部光導波層 6、 $\text{In}_{x_3}\text{Ga}_{1-x_3}\text{As}_{1-y_3}\text{P}_{y_3}$ 量子井戸活性層 7 ($0 \leq x_3 \leq 0.3$, $0 \leq y_3 \leq 0.6$)、 p あるいは $i\text{-In}_{0.49}\text{Ga}_{0.51}\text{P}$ 上部光導波層 8、 $p\text{-Ga}_{1-z_1}\text{Al}_{z_1}\text{As}$ 上部クラッド層 9、 $p\text{-GaAs}$ コンタクト層 10 を順次成長させる。

【 0 0 2 2 】

その上に絶縁膜 11 を形成し、ストライプ方向が基板オリフラ方向

【 数 1 】

〈 0 $\bar{1}$ $\bar{1}$ 〉

と平行になるようにして、通常のリソグラフィーにより幅 $200\mu\text{m}$ 程度のストライプ状に絶縁膜 11 を除去し、その上に p 側電極 12 を形成する。

【 0 0 2 3 】

次に $n\text{-GaAs}$ 基板 1 を研磨加工して薄膜化し、その裏面に図示外の絶縁膜を形成する。次にこの絶縁膜をマスクとして、溝の長手方向が (100) 面と平行になるようにして、リソグラフィーによりストライプ状の開口を有する SiO_2 パターン (図示せず) を形成する。この SiO_2 パターンをマスクとし、硫酸系またはアンモニア系のエッチャントを用いて基板 1 をエッチングし、逆メサ状の溝 (凹部) 1 a を形成する。このとき、自動的に $n\text{-In}_{0.49}\text{Ga}_{0.51}\text{P}$ エッチング阻止層 3 でエッチングが停止し、このエッチング阻止層 3 まで GaAs がエッチングされる。

【 0 0 2 4 】

次に塩酸系エッチング液により、 $n\text{-In}_{0.49}\text{Ga}_{0.51}\text{P}$ エッチング阻止層 3 を除去する。また上記絶縁膜を除去した後、 n 側電極 14 を形成する。その上に Au 材を含んだ溶媒をスピン塗布法によって塗布し、約 400°C で 30 分間のアニーリングを行なうと、上記溝 1 a を平坦に埋める形に Au 層 61 が形成される。なお、上記 Au 材を含んだ溶媒の塗布法としては、例えば特開平 1 0 - 2 2 5 7 4 号に示される方法を好適に用いることができる。

【 0 0 2 5 】

その後、試料劈開領域の n 側電極 14 および Au 層 61 をフォトリソエッチング法に

より除去し、試料を両端面設定位置で劈開して形成した共振器面に高反射率コート15、低反射率コート16を形成し、チップ化すると、図1に示す半導体レーザ素子25が完成する。

【0026】

この半導体レーザ素子25は、 n -GaAs基板1、 n -GaAsバッファ層2、 n - $\text{In}_{0.49}\text{Ga}_{0.51}\text{P}$ エッチング阻止層3、 n -GaAsコンタクト層4、 n - $\text{Ga}_{1-z1}\text{Al}_{z1}\text{As}$ 下部クラッド層5 ($0.55 \leq z1 \leq 0.8$)、 n あるいは i - $\text{In}_{0.49}\text{Ga}_{0.51}\text{P}$ 下部光導波層6、 $\text{In}_{x3}\text{Ga}_{1-x3}\text{As}_{1-y3}\text{P}_{y3}$ 量子井戸活性層7 ($0 \leq x3 \leq 0.3$, $0 \leq y3 \leq 0.6$)、 p あるいは i - $\text{In}_{0.49}\text{Ga}_{0.51}\text{P}$ 上部光導波層8、 p - $\text{Ga}_{1-z1}\text{Al}_{z1}\text{As}$ 上部クラッド層9、 p -GaAsコンタクト層10、絶縁膜11、 p 側電極12、 n 側電極14、Au層61、高反射率コート15および低反射率コート16から構成されている。

【0027】

この半導体レーザ素子25は、 p 側をInロウ材18で銅製のヒートシンク17に接合した状態で使用され、上記低反射率コート16が施された側の端面からレーザ光 L を発する。なお活性層は、圧縮歪、格子整合、引っ張り歪量子井戸のいずれのタイプでもよい。

【0028】

この半導体レーザ素子25においては、ヒートシンク17を介して通常通りに放熱がなされる。その上さらに、 n -GaAs基板1に形成された溝1aに、該基板1よりも熱伝導率の高いAu層61が埋め込まれているので、量子井戸活性層7およびその近辺に発生した熱は、このAu層61を伝導することにより、基板1を伝導する場合よりも効率良く放熱されるようになる。そこで、半導体レーザ素子25の（より具体的には量子井戸活性層7近傍の）温度が低く保たれて、高出力発振下においても高い信頼性が確保される。なお n -GaAs基板1の熱伝導率は $50\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 程度であり、それに対してAu層61の熱伝導率は $3000\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 程度である。

【0029】

図4には、本実施形態の半導体レーザ素子25の電流-光出力特性を、従来の半

導体レーザ素子のそれと比較して示す。なおこの従来の半導体レーザ素子は、本実施形態の半導体レーザ素子25と同等の層構成を有するが、前述したAu層61は備えないものであり、そのp側はInロウ材で図1のものと同様の銅製ヒートシンクに接合されている。またこの場合、双方の半導体レーザ素子とも、p側に接合したヒートシンクを電子冷却素子に接合して、そのヒートシンクの温度を25℃に設定した。

【0030】

この図4に示される通り、本発明による半導体レーザ素子25は従来の半導体レーザ素子と比較して、高駆動電流側（つまり高光出力側）でスロープ効率が改善され、最大光出力も1.5W程度向上している。また、より高い光出力までキンク発生を抑制できる効果も得られる。

【0031】

なお上記の実施形態は、絶縁膜ストライプを形成した利得導波ストライプレーザに本発明を適用したものであるが、本発明はそれに限らず、屈折率導波機構付き半導体レーザや、回折格子付きの半導体レーザや、半導体レーザ素子を有する光集積回路に対しても同様に適用可能である。

【0032】

またクラッド層は、GaAs基板1に格子整合するInGaAlPまたはInGaAlAsP系のものであってもよい。また上記実施形態では、GaAs基板1としてn型の導電性のものを用いているが、p型の導電性基板を用いてもよく、この場合すべての導電性を上記と反対にすればよい。

【0033】

さらに、本実施形態で基板1に形成された溝1aは、側壁の斜め形状を無視すれば概略直方体状に形成されているが、同様の効果が得られるものであれば他の溝形状を採用してもよい。また、硫酸系エッチング液でエッチングして形成された溝1aは素子端面から見た状態では逆メサ形状を成して、エッチングマスクよりも発光端面側に広がりをも有することから、発光端面により近い領域までAu層61を埋め込んで該発光端面を良好に冷却する上でより効果的である。

【0034】

次に、本発明の第2の実施形態について説明する。図5は、本発明の第2の実施形態による半導体レーザ素子30の斜視形状を示すものであり、図6はこの半導体レーザアレイ30の1つの発光部の発光側端面（共振器面となる端面）の形状を示し、図7は図6のB-B線に沿った断面の形状を示している。なおこの図5以降において、図1～4中の要素と同等の要素には同番号を付してあり、それらについては必要の無い限り説明を省略する。

【0035】

まず図6および7を参照して、半導体レーザアレイ30の構成を作製方法とともに説明する。有機金属気相成長法により(100)n-GaAs基板1上に、n-GaAsバッファ層2、n-In_{0.49}Ga_{0.51}Pエッチング阻止層3、n-GaAsコンタクト層4、n-In_{0.5}(Ga_{1-z2}Al_{z2})_{0.5}P下部クラッド層(0.2≤z2≤1)42、nあるいはi-In_{0.49}Ga_{0.51}P下部光導波層43、In_{x3}Ga_{1-x3}As_{1-y3}P_{y3}量子井戸活性層44(0≤x3≤0.3, 0≤y3≤0.6)、pあるいはi-In_{0.49}Ga_{0.51}P上部光導波層45、p-In_{0.5}(Ga_{1-z2}Al_{z2})_{0.5}P上部クラッド層46、p-In_{x4}Ga_{1-x4}As_{1-y4}P_{y4}エッチング阻止層(0≤x4≤0.3, 0≤y4≤0.6)47、n-In_{0.5}(Ga_{1-z3}Al_{z3})_{0.5}P電流狭窄層(0.1≤z3<z2)48、それに図示外のn-GaAsキャップ層を順次成長させる。

【0036】

この後、上記n-GaAsキャップ層の上にレジスト（図示せず）を塗布した後、通常のリソグラフィーにより基板オリフラ方向

【数2】

〈011〉

に平行にして、レーザのへき開面に垂直方向に幅3μm程度のストライプ状のレジスト領域を除去する。こうしてストライプ状の開口が形成されたレジストをマスクとして、酒石酸エッチャントで上記GaAsキャップ層をストライプ状に除去する。

【0037】

次いでレジストを剥離した後、GaAsキャップ層をマスクとして、塩酸系のエッ

チャントにより $n\text{-In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-z} \text{Al}_z)_{0.5}$ P電流狭窄層48をエッチングし、さらに硫酸系のエッチャントにより $p\text{-In}_x \text{Ga}_{1-x} \text{As}_{1-y} \text{P}_y$ エッチング阻止層47および上記 $n\text{-GaAs}$ キャップ層を除去する。

【 0 0 3 8 】

そしてその上に、 $p\text{-In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-z} \text{Al}_z)_{0.5}$ P上部クラッド層53、 $p\text{-GaAs}$ コンタクト層54を成長させる。上部クラッド層53の厚みは、共振器の中央部の溝中の導波路において、単一基本モードによる屈折率導波が高出力下まで達成できるような厚みとする。次いで p 側電極55を形成し、その後基板1を研磨して、この基板側に複数のストライプ状開口を有する絶縁膜（図示せず）を形成する。そしてこの絶縁膜をマスクとして、 Cl_2 ガスを用いたECRドライエッチングにより GaAs 基板1をストライプ状にエッチングして、複数の溝1aを形成する。このとき、自動的に $n\text{-In}_{0.49} \text{Ga}_{0.51}$ Pエッチング阻止層3でエッチングが停止する。

【 0 0 3 9 】

次に塩酸系エッチング液により、 $n\text{-In}_{0.49} \text{Ga}_{0.51}$ Pエッチング阻止層3を除去する。上記絶縁膜を除去した後、その上に n 側電極14を形成する。その上に Au 材を含んだ溶媒をスピン塗布法によって塗布し、約400℃で30分間のアニーリングを行なうと、上記溝1aを平坦に埋める形に Au 層61が形成される。

【 0 0 4 0 】

その後、試料劈開領域の n 側電極14および Au 層61をフォトリソエッチング法により除去し、試料を両端面設定位置で劈開して形成したレーザアレイバーの共振器面に高反射率コート57、低反射率コート58を形成すると、半導体レーザアレイ30が完成する。

【 0 0 4 1 】

この半導体レーザアレイ30は図7に示されるように、 $n\text{-GaAs}$ 基板1、 $n\text{-GaAs}$ バッファ層2、 $n\text{-In}_{0.49} \text{Ga}_{0.51}$ Pエッチング阻止層3、 $n\text{-GaAs}$ コンタクト層4、 $n\text{-In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-z} \text{Al}_z)_{0.5}$ P下部クラッド層 ($0.2 \leq z \leq 1$) 42、 n あるいは $i\text{-In}_{0.49} \text{Ga}_{0.51}$ P下部光導波層43、 $\text{In}_x \text{Ga}_{1-x} \text{As}_{1-y} \text{P}_y$ 量子井戸活性層44 ($0 \leq x \leq 0.3$, $0 \leq y \leq 0.6$)、 p あ

るいは $i\text{-In}_{0.49}\text{Ga}_{0.51}$ P 上部光導波層45、 $p\text{-In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-z2}\text{Al}_{z2})_{0.5}$ P 上部クラッド層46、 $p\text{-In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_{1-y}\text{P}_y$ エッチング阻止層 ($0 \leq x \leq 0.3$, $0 \leq y \leq 0.6$) 47、 $n\text{-In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-z3}\text{Al}_{z3})_{0.5}$ P 電流狭窄層 ($0.1 \leq z3 < z2$) 48、 $p\text{-In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-z1}\text{Al}_{z1})_{0.5}$ P 上部クラッド層53、 $p\text{-GaAs}$ コンタクト層54、 p 側電極55、 n 側電極14、Au層61、高反射率コート57および低反射率コート58から構成されている。

【 0 0 4 2 】

この半導体レーザアレイ30は、図5に示すように、アレイ長手方向に互いに所定間隔を置いて配された複数の発光部を有し、各発光部からレーザ光Lを発する。なお図5では省略してあるが、この半導体レーザアレイ30は、 p 側および n 側をそれぞれアレイバーサイズに対応するサイズを有するヒートシンクにロウ材で接合し、放熱効果を高めて使用してもよい。

【 0 0 4 3 】

この半導体レーザアレイ30においては、 $n\text{-GaAs}$ 基板1に形成された溝1aに、該基板1よりも熱伝導率の高いAu層61が埋め込まれているので、量子井戸活性層44およびその近辺に発生した熱は、このAu層61を伝導することにより、基板1を伝導する場合よりも効率良く放熱されるようになる。

【 0 0 4 4 】

そこで、半導体レーザアレイ30の（より具体的には量子井戸活性層44近傍の）温度上昇が抑制されて、単一横モードを保ったまま、高出力発振下においても高い信頼性が確保される。なおこの効果は、Au層61に上述のヒートシンクが接合される場合も、また接合されない場合も同様に得られるものであるが、より良い放熱効果を得る上では、勿論このヒートシンクが接合される方が好ましい。

【 0 0 4 5 】

上述の実施形態は、基本横モード発振する半導体レーザに本発明を適用したものであるが、 $3\mu\text{m}$ 以上の幅広ストライプ半導体レーザに対して本発明を適用することも可能である。またGaAs基板1は n 型のものであるが、 p 型の導電性の基板を用いてもよく、その場合は、前述したすべての導電性を反対にすればよい。また、発振する波長帯は、 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_{1-y}\text{P}_y$ 量子井戸活性層の組成によ

り、700 nm～1200 nmの範囲で制御可能である。そして、InGaAlP系クラッド層と、バンドギャップがクラッド層より小さいInGaAlP系光導波層とを用いることにより、600 nm～700 nmでの発振も可能となる。

【0046】

さらに、結晶成長法は、固体あるいはガスを原料とする分子線エピタキシャル成長法であってもよい。

【0047】

また、半導体レーザアレイに形成される溝の形状も、本実施形態における長方形、くし状、に限定されることはなく、同様の効果が得られるものであれば他の形状を採用してもよい。

【0048】

次に、本発明の第3の実施形態について説明する。図8は、本発明の第3の実施形態による半導体レーザ素子60の発光側端面（共振器面となる端面）の形状を示し、図9は図8のD-D線に沿った断面の形状を示している。

【0049】

この第3の実施形態の半導体レーザ素子60は、単一素子として形成されたものであるが、層構成は第2の実施形態の半導体レーザアレイ30と同様である。そこで図8および9において、各層等については図6および7中のものと同番号を付してあり、それらについての説明は省略する。

【0050】

この半導体レーザ素子60は、n側つまり基板1側をInロウ材18で銅製のヒートシンク17に接合した、いわゆる接合面アップの実装状態で使用される。なおこの場合、Inロウ材18を介してヒートシンク17に直接接合するのはAu層61である。この構成では、n-GaAs基板1に形成された溝1aに、該基板1よりも熱伝導率の高いAu層61が埋め込まれているので、量子井戸活性層44およびその近辺に発生した熱は、このAu層61を伝導することにより、基板1を伝導する場合よりも効率良くヒートシンク17に伝わり、放熱効果が高められる。

【0051】

そこで、この半導体レーザ素子60の（より具体的には量子井戸活性層44近傍の

）温度上昇が抑制されて、単一横モードを保ったまま、高出力発振下においても高い信頼性が確保される。

【0052】

なお、リッジタイプの半導体レーザ素子を用いる場合には、そのリッジ溝を、これまで述べてきた基板側の溝と同様に冷却冷媒通路として活用することができる。そうする場合は、半導体レーザ素子のp、n両面を効果的に冷却可能となる。以下、そのようにした本発明の第4の実施形態について説明する。

【0053】

図10は、本発明の第4の実施形態による半導体レーザ素子70の使用状態を示すものである。また図11は、この半導体レーザ素子70の発光側端面つまり共振器面となる端面の形状を示し、図12は図11のC-C線に沿った断面の形状（作製途中の状態）を示すものである。

【0054】

まず図11および12を参照して、半導体レーザ素子70の構成をその作製方法とともに説明する。有機金属気相成長法により(100)n-GaAs基板1上に、n-GaAsバッファ層2、 $n\text{-In}_{0.49}\text{Ga}_{0.51}\text{P}$ エッチング阻止層3、n-GaAsコンタクト層4、 $n\text{-Ga}_{1-z1}\text{Al}_{z1}\text{As}$ 下部クラッド層5 ($0.55 \leq z1 \leq 0.8$)、nあるいはi- $\text{In}_{0.49}\text{Ga}_{0.51}\text{P}$ 下部光導波層6、 $\text{In}_{x3}\text{Ga}_{1-x3}\text{As}_{1-y3}\text{P}_{y3}$ 量子井戸活性層7 ($0 \leq x3 \leq 0.3$, $0 \leq y3 \leq 0.6$)、pあるいはi- $\text{In}_{0.49}\text{Ga}_{0.51}\text{P}$ 上部光導波層8、 $p\text{-Ga}_{1-z1}\text{Al}_{z1}\text{As}$ 上部クラッド層9、p-GaAsコンタクト層10を順次成長させる。

【0055】

その後、フォトリソグラフィにより、p-GaAsコンタクト層10および上部クラッド層9に、共振器長手方向に延びる2本のリッジ溝21を形成する。これらのリッジ溝21は基板オリフラ方向

【数3】

$\langle 0\bar{1}\bar{1} \rangle$

に平行で、例えば幅 $10\mu\text{m}$ 、互いの間隔が $50\mu\text{m}$ とされたものである。

【0056】

その上に絶縁膜11を形成し、通常のリソグラフィーにより、2本のリッジ溝間において幅 $45\mu\text{m}$ 程度のストライプ状に絶縁膜11を除去し、その上にp側電極12を形成する。その上にAu材を含んだ溶媒をスピン塗布法によって塗布し、約 400°C で30分間のアニーリングを行なうと、上記リッジ溝21を平坦に埋める形にAu層62が形成される。

【0057】

その後、試料劈開領域のp側電極12およびAu層62をフォトリソエッチング法により除去し、n-GaAs基板1を研磨加工して薄膜化し、その裏面に図示外の絶縁膜を形成する。次にリソグラフィーにより、溝の長手方向が上記オリフラと平行になるようにして、両端面設定位置より内側の領域の上記絶縁膜を除去する。次にこの絶縁膜をマスクとしてストライプ状の開口を有する SiO_2 パターン（図示せず）を形成する。この SiO_2 パターンをマスクとし、硫酸系またはアンモニア系のエッチャントを用いて基板1をエッチングし、逆メサ状の溝1aを形成する。このとき、自動的に $\text{n-In}_{0.49}\text{Ga}_{0.51}\text{P}$ エッチング阻止層3でエッチングが停止し、このエッチング阻止層3までGaAsがエッチングされる。

【0058】

次に塩酸系エッチング液により、 $\text{n-In}_{0.49}\text{Ga}_{0.51}\text{P}$ エッチング阻止層3を除去する。また上記絶縁膜を除去した後、n側電極14を形成する。その上にAu材を含んだ溶媒をスピン塗布法によって塗布し、約 400°C で30分間のアニーリングを行なうと、上記溝1aを平坦に埋める形にAu層61が形成される。

【0059】

その後、試料劈開領域のn側電極14およびAu層61をフォトリソエッチング法により除去し、試料を両端面設定位置で劈開して形成した共振器面に高反射率コート15、低反射率コート16を形成し、チップ化すると、図10に示す半導体レーザー素子70が完成する。

【0060】

この半導体レーザー素子70は、n-GaAs基板1、n-GaAsバッファ層2、 $\text{n-In}_{0.49}\text{Ga}_{0.51}\text{P}$ エッチング阻止層3、n-GaAsコンタクト層4、 $\text{n-Ga}_{1-z_1}\text{Al}_{z_1}\text{As}$ 下部クラッド層5 ($0.55 \leq z_1 \leq 0.8$)、nあるいは $\text{i-In}_{0.49}\text{Ga}_{0.51}\text{P}$ 上部クラッド層6、p-GaAsコンタクト層7、p-GaAsバッファ層8、p-GaAs基板9から構成される。

$_{0.5}^{0.5} \text{Ga}_{0.5} \text{P}$ 下部光導波層 6、 $\text{In}_{x3} \text{Ga}_{1-x3} \text{As}_{1-y3} \text{P}_{y3}$ 量子井戸活性層 7 ($0 \leq x \leq 0.3$, $0 \leq y \leq 0.6$)、 p あるいは i - $\text{In}_{0.49} \text{Ga}_{0.51} \text{P}$ 上部光導波層 8、 $\text{p-Ga}_{1-z1} \text{Al}_{z1} \text{As}$ 上部クラッド層 9、 p-GaAs コンタクト層 10、絶縁膜 11、 p 側電極 12、 n 側電極 14、 Au 層 61、 Au 層 62、高反射率コート 15 および低反射率コート 16 から構成されている。

【 0 0 6 1 】

図 10 に示すように半導体レーザ素子 70 は、 p 側の Au 層 62 を AuZn ロウ材 20 で銅製のヒートシンク 22 に接合し、また n 側の Au 層 61 を同じく AuZn ロウ材 20 で銅製のヒートシンク 19 に接合した状態で使用され、上記低反射率コート 16 が施された側の端面からレーザ光 L を発する。なお活性層は、圧縮歪、格子整合、引っ張り歪量子井戸のいずれのタイプでもよい。

【 0 0 6 2 】

この実施形態でも、 n-GaAs 基板 1 に形成された溝 1a に、該基板 1 よりも熱伝導率の高い Au 層 61 が埋め込まれているので、量子井戸活性層 7 およびその近辺に発生した熱は、この Au 層 61 を伝導することにより、基板 1 を伝導する場合よりも効率良くヒートシンク 19 に伝わり、放熱効果が高められる。

【 0 0 6 3 】

さらに、 $\text{p-Ga}_{1-z1} \text{Al}_{z1} \text{As}$ 上部クラッド層 9 および p-GaAs コンタクト層 10 に形成されたリッジ溝 21 に、これらの層 9 および 10 よりも熱伝導率の高い Au 層 62 が埋め込まれているので、量子井戸活性層 7 およびその近辺に発生した熱は、この Au 層 62 を伝導することにより、 $\text{p-Ga}_{1-z1} \text{Al}_{z1} \text{As}$ 上部クラッド層 9 および p-GaAs コンタクト層 10 を伝導する場合よりも効率良くヒートシンク 20 に伝わり、放熱効果が高められる。なお $\text{p-Ga}_{1-z1} \text{Al}_{z1} \text{As}$ 上部クラッド層 9 および p-GaAs コンタクト層 10 の熱伝導率はそれぞれ $50 \text{ W} / (\text{m} \cdot \text{K})$ 程度であり、それに対して Au 層 62 の熱伝導率は $3000 \text{ W} / (\text{m} \cdot \text{K})$ 程度である。

【 0 0 6 4 】

そこで、この半導体レーザ素子 70 の（より具体的には量子井戸活性層 7 近傍の）温度上昇が抑制されて、単一横モードを保ったまま、高出力発振下においても高い信頼性が確保される。

【 0 0 6 5 】

なおヒートシンク19および20としては、本実施形態で用いた直方体ブロック状のものに限らず、その他、羽根や突起状の放熱フィンを備えたもの等も好適に利用可能である。これは、第1の実施形態や第3の実施形態で用いられたヒートシンク17についても同様である。

【 0 0 6 6 】

また、基板や半導体層に形成した凹部に埋め込む金属も、上述した各実施形態におけるAuに限られるものではなく、熱伝導率が比較的高いその他Ag、Al、Cu、もしくはAuに不純物が添加されたもの等も好適に用いることができる。

【 0 0 6 7 】

次に図13を参照して、本発明の半導体レーザ素子の応用例について説明する。ここで用いられている本発明による半導体レーザ素子70は、例えば図10に示した第4実施形態のものであり、ヒートシンク19および20とともに半導体レーザ装置を構成して、第2高調波を発生する固体レーザ装置の励起光源として使用されている。

【 0 0 6 8 】

すなわちこの固体レーザ装置は、上記構成の半導体レーザ装置71と、この半導体レーザ素子から出射された励起光としてのレーザ光80を集光する集光レンズ72と、集光されたレーザ光80によって励起される固体レーザ結晶73と、この固体レーザ結晶73と共に固体レーザ共振器を構成する凹面鏡からなる出力ミラー74と、固体レーザ結晶73および出力ミラー74の間に配された非線形光学結晶75とから構成されている。

【 0 0 6 9 】

なお固体レーザ結晶73としては、例えばNd:YVO₄、Nd:YAG、Nd:YLF等が用いられ、一方非線形光学結晶75としては、例えばKNbO₃結晶、KTP結晶、周期ドメイン反転構造を有するLiNbO₃結晶等が用いられる。

【 0 0 7 0 】

また半導体レーザ装置71、固体レーザ結晶73および非線形光学結晶75は、図示しないペルチェ素子および温度調節回路を用いて、所定の温度に温度調節されて

いる。

【 0 0 7 1 】

上記固体レーザ結晶73の励起光入射側の端面73aには、レーザ光80を良好に透過させ、後述する固体レーザ光81および第2高調波82は良好に反射させるコート膜76が形成されている。一方出力ミラー74のミラー面74aには、上記レーザ光80および固体レーザ光81を良好に反射させ、第2高調波82は一部透過させるコート膜79が形成されている。

【 0 0 7 2 】

上記の構成において、固体レーザ結晶73はレーザ光80により励起されて光を発し、この光は上記コート膜76が形成された固体レーザ結晶端面73aと、コート膜79が形成されたミラー面74aとの間で共振し、固体レーザ光81が発振する。この固体レーザ光81は非線形光学結晶75に入射して波長が $1/2$ の第2高調波82に変換される。

【 0 0 7 3 】

出力ミラー74からはほぼ第2高調波82のみが出射し、この第2高調波82のうちビームスプリッタ77を透過したものが所定の用途に用いられる。またビームスプリッタ77で反射した一部の第2高調波82は受光素子78に入射する。この受光素子78が出力する光強度検出信号は図示外のAPC(automatic power control)回路に入力され、このAPC回路により、受光素子78の検出光強度が一定となるように半導体レーザ素子70の駆動電流が制御される。その結果、ビームスプリッタ77を透過して所定の用途に用いられる第2高調波82の光出力が一定化される。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の第1の実施形態による半導体レーザ素子の使用状態を示す図

【図 2】

図1の半導体レーザ素子の発光側端面を示す図

【図 3】

図2の半導体レーザ素子の断面図

【図 4】

図 1 の半導体レーザ素子の駆動電流対光出力特性を従来装置の特性と比較して示すグラフ

【図 5】

本発明の第 2 の実施形態による半導体レーザ素子の斜視図

【図 6】

図 5 の半導体レーザアレイの発光側端面を示す図

【図 7】

図 5 の半導体レーザアレイの断面図

【図 8】

本発明の第 3 の実施形態による半導体レーザ素子の発光側端面を示す図

【図 9】

図 8 の半導体レーザ素子の断面図

【図 1 0】

本発明の第 4 の実施形態による半導体レーザ素子の使用状態を示す図

【図 1 1】

図 1 0 の半導体レーザ素子の発光側端面を示す図

【図 1 2】

図 1 0 の半導体レーザ素子の断面図

【図 1 3】

本発明の半導体レーザ素子を用いた固体レーザ装置の概略側面図

【符号の説明】

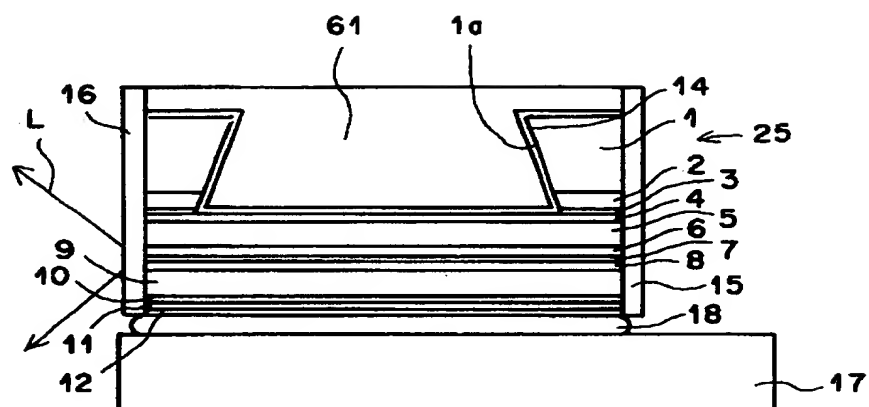
- 1 n-GaAs基板
- 1 a 基板の溝
- 2 n-GaAsパッファ層
- 3 n-In_{0.49}Ga_{0.51}Pエッチング阻止層
- 4 n-GaAsコンタクト層
- 5 n-Ga_{1-z1}Al_{z1}As下部クラッド層
- 6 nあるいはi-In_{0.49}Ga_{0.51}P下部光導波層
- 7 In_{x3}Ga_{1-x3}As_{1-y3}P_{y3}量子井戸活性層

- 8 p あるいは i - $\text{In}_{0.49}\text{Ga}_{0.51}\text{P}$ 上部光導波層
- 9 p - $\text{Ga}_{1-z1}\text{Al}_{z1}\text{As}$ 上部クラッド層
- 10 p - GaAs コンタクト層
- 11 絶縁膜
- 12 p 側電極
- 14 n 側電極
- 15 高反射率コート
- 16 低反射率コート
- 17、19、22 ヒートシンク
- 18 In ロウ材
- 20 AuZn ロウ材
- 21 リッジ溝
- 25 半導体レーザ素子
- 30 半導体レーザアレイ
- 42 n - $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-z2}\text{Al}_{z2})_{0.5}\text{P}$ 下部クラッド層
- 43 n あるいは i - $\text{In}_{0.49}\text{Ga}_{0.51}\text{P}$ 下部光導波層
- 44 $\text{In}_{x3}\text{Ga}_{1-x3}\text{As}_{1-y3}\text{P}_{y3}$ 量子井戸活性層
- 45 p あるいは i - $\text{In}_{0.49}\text{Ga}_{0.51}\text{P}$ 上部光導波層
- 46 p - $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-z2}\text{Al}_{z2})_{0.5}\text{P}$ 上部クラッド層
- 47 p - $\text{In}_{x4}\text{Ga}_{1-x4}\text{As}_{1-y4}\text{P}_{y4}$ エッチング阻止層
- 48 n - $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-z3}\text{Al}_{z3})_{0.5}\text{P}$ 電流狭窄層
- 53 p - $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-z1}\text{Al}_{z1})_{0.5}\text{P}$ 上部クラッド層
- 54 p - GaAs コンタクト層
- 55 p 側電極
- 57 高反射率コート
- 58 低反射率コート
- 60 半導体レーザ素子
- 61、62 Au 層
- 70 半導体レーザ素子

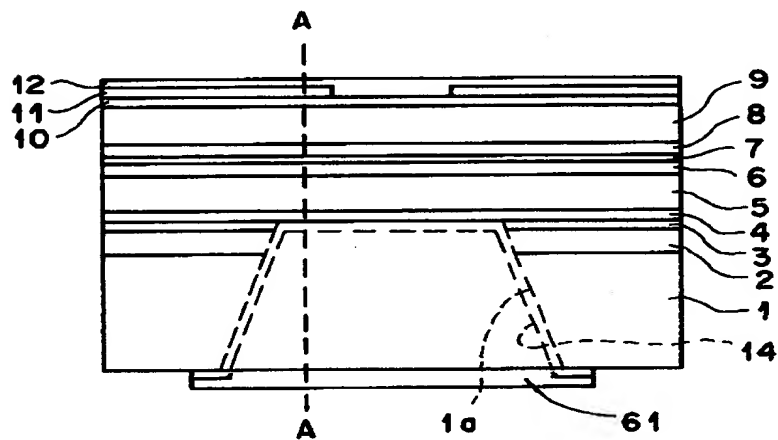
- 71 半導体レーザー装置
- 72 集光レンズ
- 73 固体レーザー結晶
- 74 出力ミラー
- 75 非線形光学結晶
- 80 レーザ光
- 81 固体レーザー光
- 82 第2高調波
- L レーザ光

【書類名】 図面

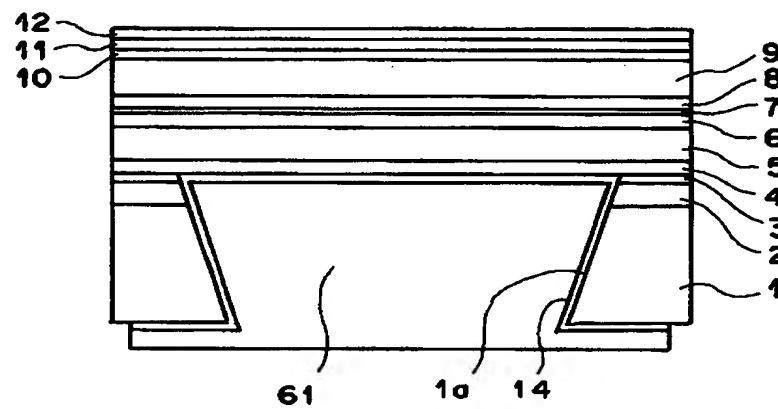
【図 1】



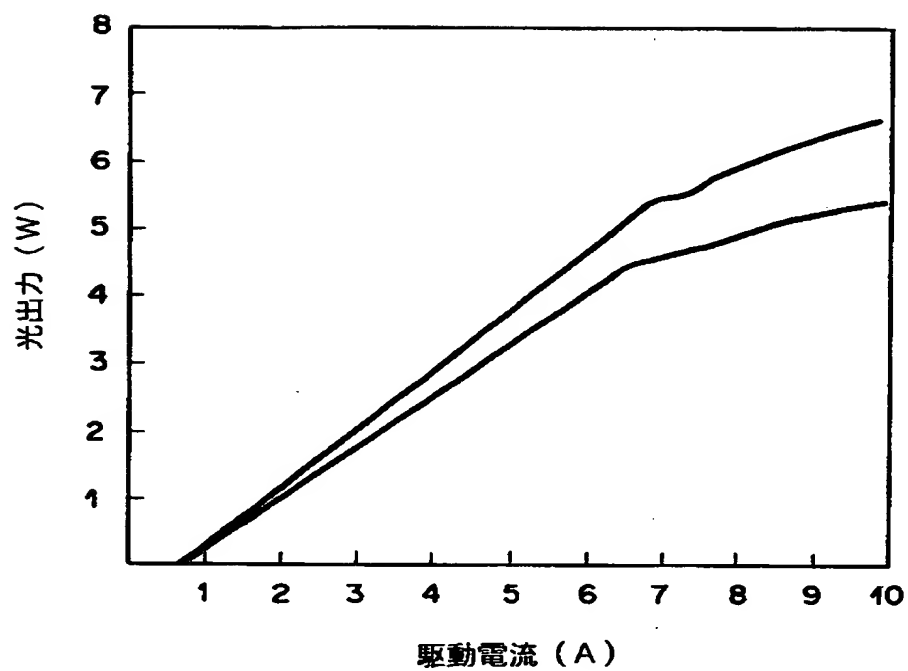
【图 2】



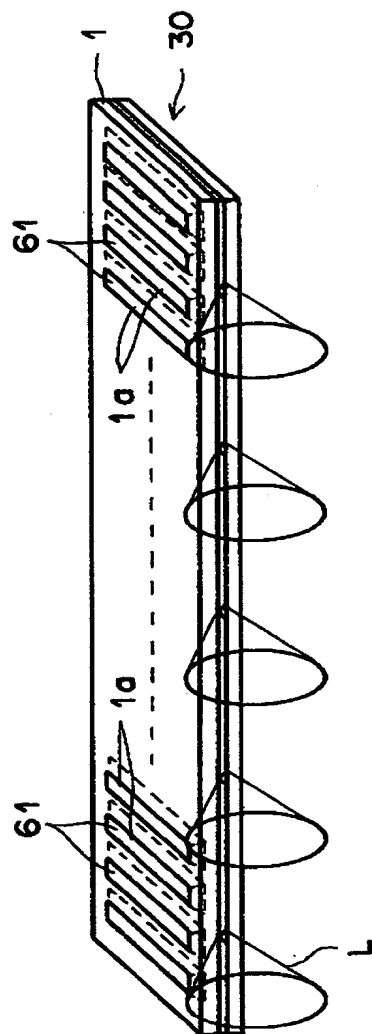
【図 3】



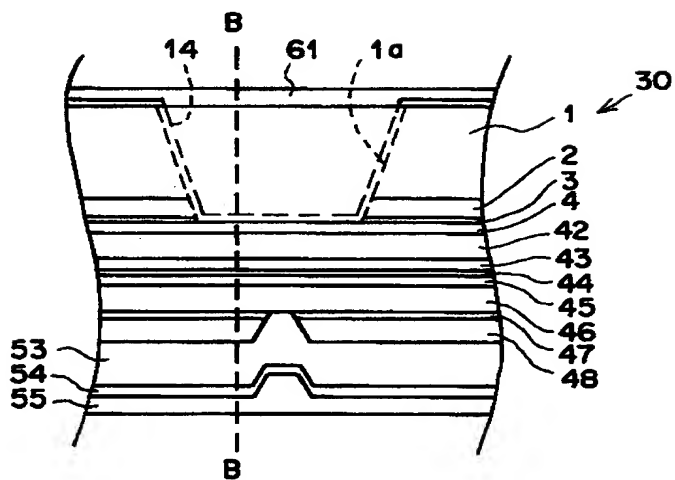
【図 4】



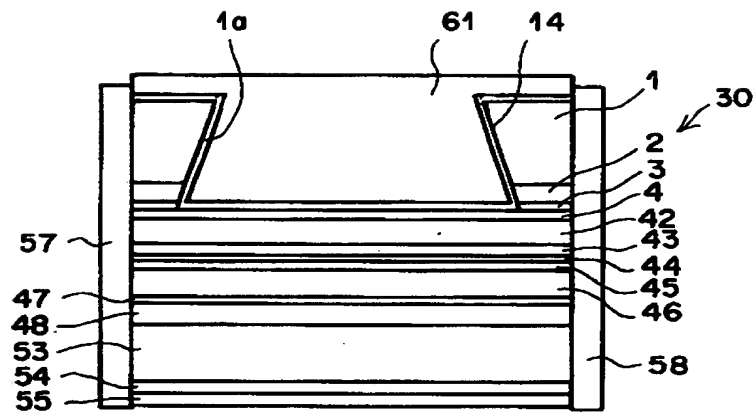
【図 5】



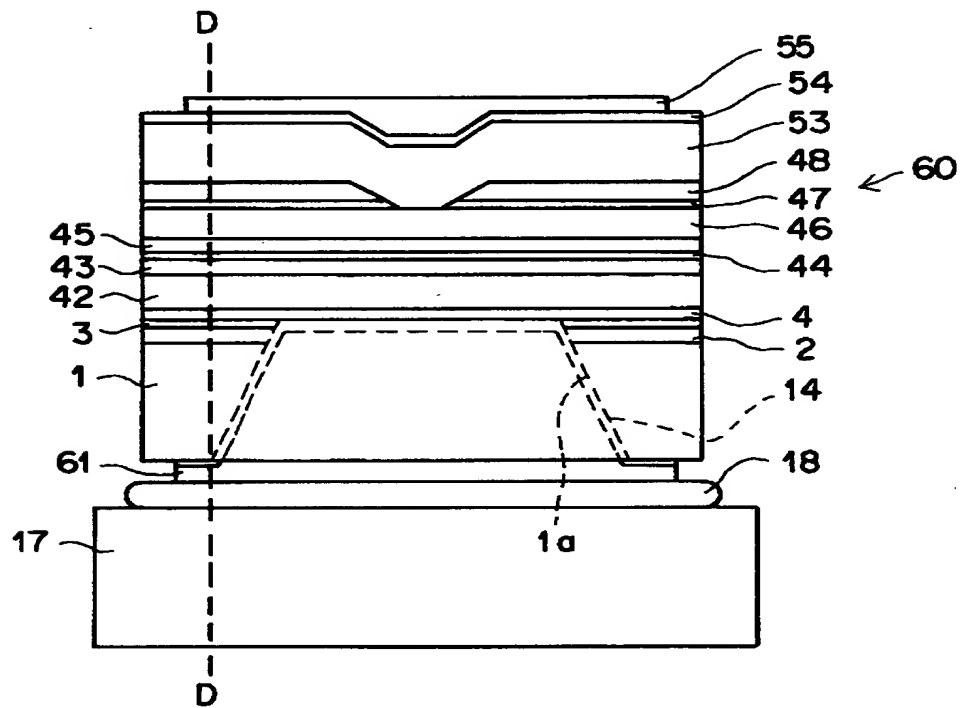
【図 6】



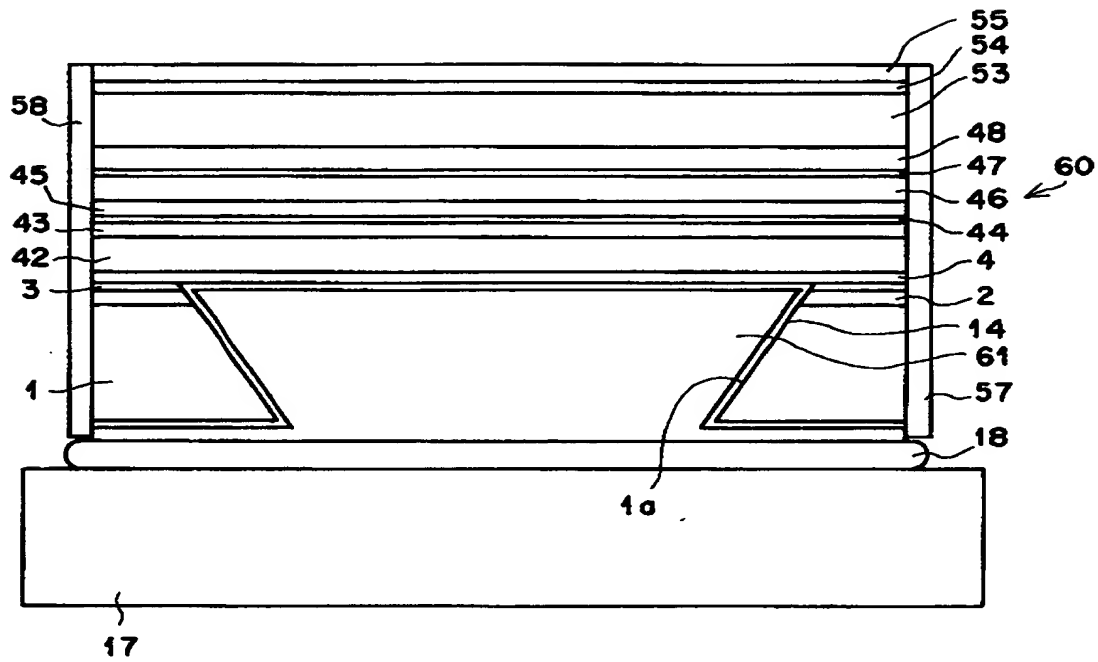
【図 7】



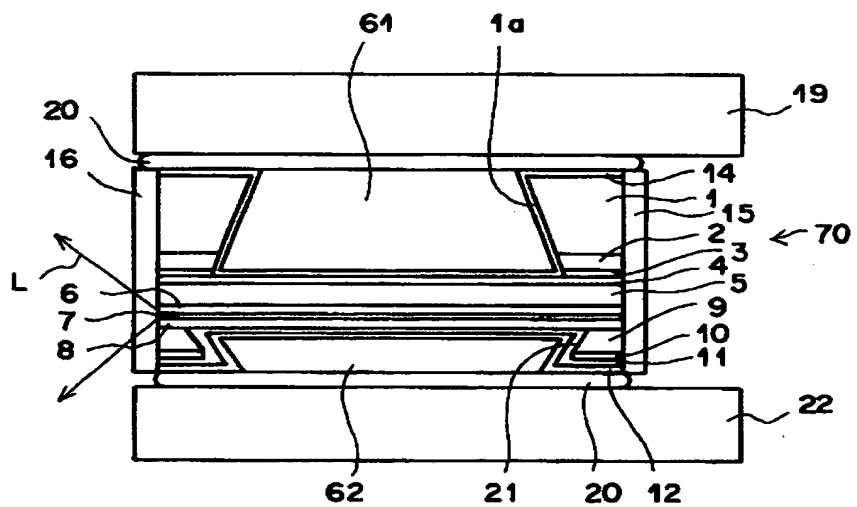
【図 8】



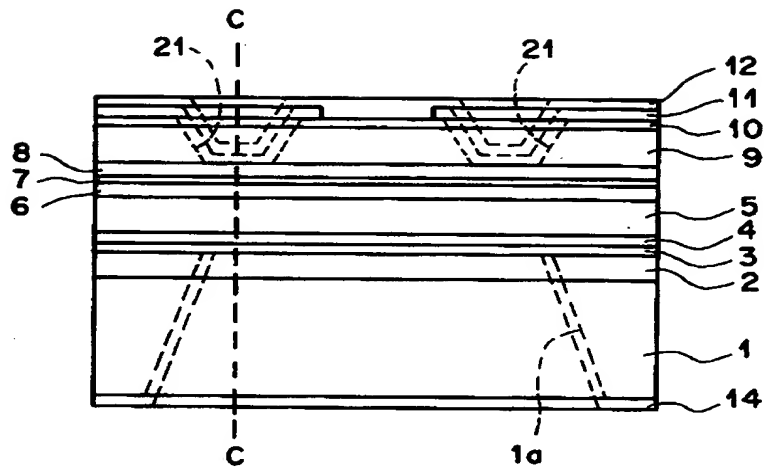
【図 9】



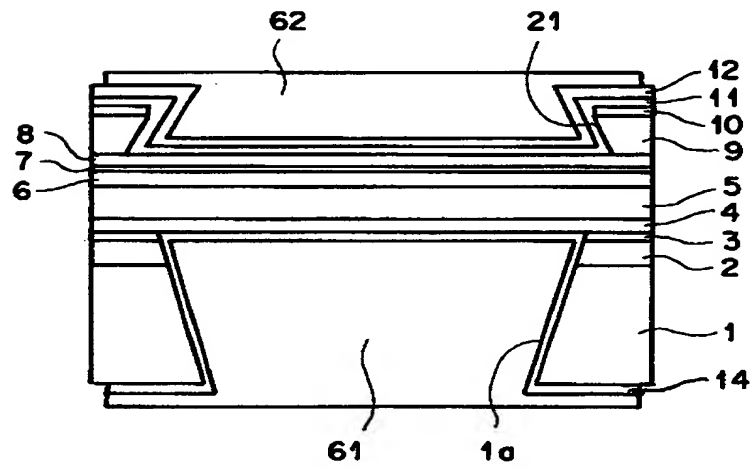
【図 10】



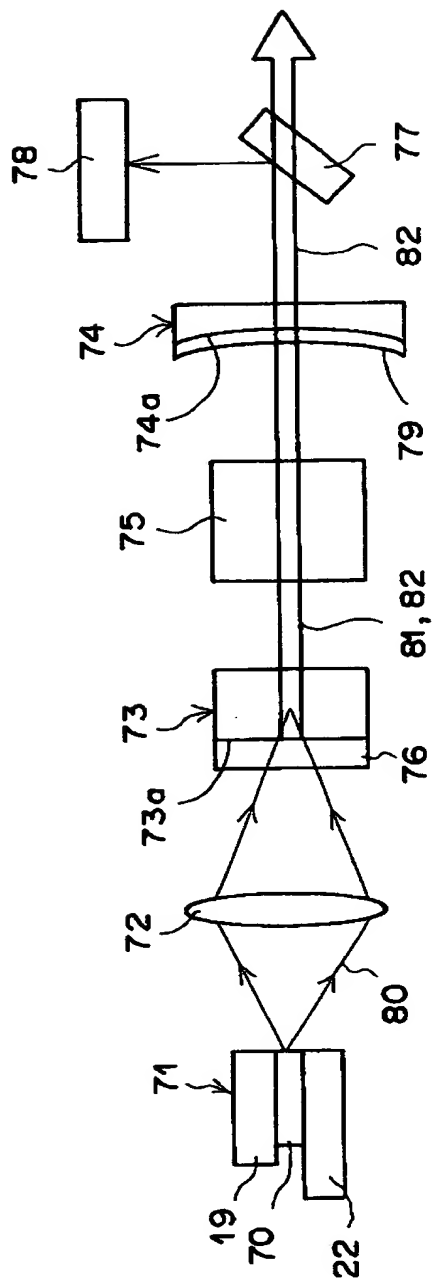
【図 1 1】



【図 1 2】



【図 1 3】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 半導体レーザ素子の放熱特性を改善して、高出力発振下においても高い信頼性を得る。

【解決手段】 基板 1 上に複数の半導体層 2、3 ……10 が形成されてなる半導体レーザ素子 25 において、基板 1 に、半導体層が形成された面と反対側の面から該基板 1 内に入り込む凹部 1 a を形成し、この凹部 1 a に、基板 1 よりも熱伝導率の高い Au 等の金属 61 を埋め込む。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

| | |
|---------|--------------------------|
| 特許出願の番号 | 特願 2 0 0 0 - 1 1 4 6 1 4 |
| 受付番号 | 5 0 0 0 0 4 7 8 7 8 3 |
| 書類名 | 特許願 |
| 担当官 | 第二担当上席 0 0 9 1 |
| 作成日 | 平成 1 2 年 4 月 2 4 日 |

<認定情報・付加情報>

| | |
|-----------|--|
| 【提出日】 | 平成12年 4月17日 |
| 【特許出願人】 | |
| 【識別番号】 | 000005201 |
| 【住所又は居所】 | 神奈川県南足柄市中沼 2 1 0 番地 |
| 【氏名又は名称】 | 富士写真フイルム株式会社 |
| 【代理人】 | 申請人 |
| 【識別番号】 | 100073184 |
| 【住所又は居所】 | 神奈川県横浜市港北区新横浜 3 - 1 8 - 2 0 B E N E X S - 1 7 階 柳田国際特許事務所 |
| 【氏名又は名称】 | 柳田 征史 |
| 【選任した代理人】 | |
| 【識別番号】 | 100090468 |
| 【住所又は居所】 | 神奈川県横浜市港北区新横浜 3 - 1 8 - 2 0 B E N E X S - 1 7 階 柳田国際特許事務所 |
| 【氏名又は名称】 | 佐久間 剛 |

特2000-114614

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005201]

| | |
|----------|-----------------|
| 1. 変更年月日 | 1990年 8月14日 |
| [変更理由] | 新規登録 |
| 住 所 | 神奈川県南足柄市中沼210番地 |
| 氏 名 | 富士写真フイルム株式会社 |